

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 4 月 29 日 (29.04.2004)

PCT

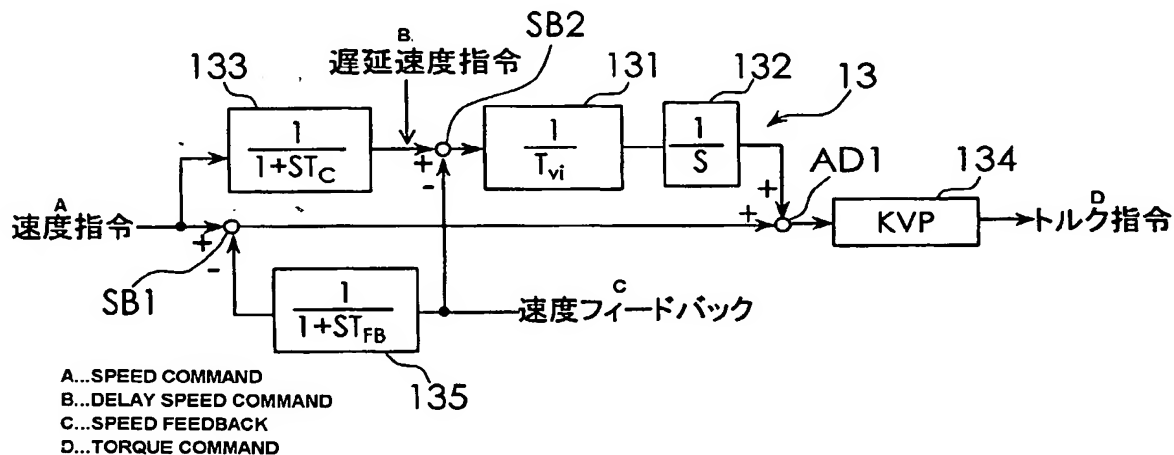
(10) 国際公開番号
WO 2004/036730 A1

- (51) 国際特許分類: H02P 5/00
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/013442
(22) 国際出願日: 2003 年 10 月 21 日 (21.10.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2002-306421
2002 年 10 月 21 日 (21.10.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 山洋電気株式会社 (SANYO DENKI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒170-8451 東京都豊島区北大塚一丁目 15 番 1 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井出 勇治 (IDE, Yuuji) [JP/JP]; 〒170-8451 東京都豊島区北大塚一丁目 15 番 1 号 山洋電気株式会社内 Tokyo (JP).
(74) 代理人: 西浦 ▲嗣▼晴 (NISHIURA, Tsuguharu); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1 丁目 2 番 5 号 虎ノ門 3 4 M T ビル 9 階 西浦特許事務所 Tokyo (JP).
(81) 指定国 (国内): US.
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: POSITION CONTROLLER OF MOTOR

(54) 発明の名称: モータの位置制御装置



(57) Abstract: A position controller of a motor in which the positioning set time can be shortened even if an external force is applied. A speed control section (13) comprises a low-pass filter (133) compensating for the speed control side delay having a transfer function corresponding to the delay of a speed control system. The speed control section (13) further comprises an integration control system including a speed integrator (132) for integrating the difference between a speed and a delay speed command obtained by inputting a speed command to the low-pass filter (133) compensating for the speed control side delay, a proportional control system delivering a command proportional to the speed command, and a multiplying means (134) for multiplying the sum of outputs from the integration control system and the proportional control system by a speed proportional gain and delivering the product as a torque command. A speed feedback low-pass filter (135) having a transfer function for preventing a ripple from appearing in the torque command due to a quantization error and/or a positional error at a position detecting section is also provided.

(57) 要約: 仮に外力などがあっても、位置決め整定時間を短縮できるモータの位置制御装置を提供する。速度制御部 13 に、速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 133 を含める。また速度制御部 13 を速度指令を速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 133 に入力して得た遅延速度指令と速度との速度偏差を積分する速度積分器 132 を含んで構成された積分制御系と、速度指令に比例した指令を出力する比例制御系と、積分制御系の出力と比例制御系の出力とを加算したものに速度比例ゲイン

[続葉有]



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

を乗じてトルク指令として出力する乗算手段134とから構成する。更に位置検出部の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタ135を設ける。

明 細 書

モータの位置制御装置

技術分野

本発明は、モータの位置制御装置に関するものであり、特に工作機械や半導体製造装置などに使用される高速位置決め用モータの位置を制御するのに適したモータの位置制御装置に関するものである。

背景技術

従来のモータの位置制御装置としては、図10に示すような制御装置がある（特開平10-254550号公報の図1参照）。この装置では位置指令と位置フィードバックの偏差が位置制御部に含まれる減算器で算出され、この偏差が位置制御部で処理されて速度指令として出力される。そしてエンコーダEから出力された位置フィードバックを速度算出部2で変換して得た速度フィードバックと速度指令との偏差を、速度制御部3に含まれる減算器で算出する。この偏差は、速度制御部3内で処理され、速度制御部3はトルク制御部4にトルク指令を出力する。トルク制御部4は、トルク指令通りのトルクがモータMから出力されるようにモータに流れる励磁電流を制御する。

通常、この装置における位置制御部1は比例制御（P制御）部として構成されており、速度制御部3は比例積分制御（P I制御）部で構成されている。従来の速度制御部3を構成するP I制御部は、図11に示す構成を有している。このP I制御部では、速度指令と速度フィードバックの偏差を減算器S Bで算出し、その偏差をゲイン1の比例制御系を通して加算器A Dに入力する。積分制御系では、乗算器31で偏差に積分ゲインを乗算した後、この偏差を速度積分器32で積分して加算器A Dに入力する。加算器A Dは、比例制御系の出力と積分制御系の出力とを加算して、乗算器33へと出力し、乗算器33は加算器A D出力に比例ゲインを乗算してトルク指令として出力する。このように、速度制御部3をP I制御部で構成することにより、速度の過渡偏差のみならず、定常偏差も抑制できる。

一般的に、制御系の応答は有限であり、速度指令を出力しても速度フィードバックが応答するには時間がかかる。図 1 2 は、従来の位置制御装置における位置決め動作をシュミレーションしたものであり、上から位置指令、位置偏差（拡大）、速度指令、速度フィードバック、速度積分器出力、トルク指令、インポジション（位置決め完了）を示している。位置指令が出力されてモータ M は駆動を開始する。しかし位置制御装置から速度指令が出力されてから速度フィードバックが応答するまでの間（速度指令に対応する速度フィードバックが現れるまでの間）、速度積分器 3 2 は積算を行っている。そしてモータ M が一定速で回転している間に、この積算値は減少する。しかしながらモータ M の減速時にまた積算が行われ、位置決め終了時には残った積算値がすべて吐き出されてからモータ M は停止する。このため、従来の制御装置では、図 1 2 に示されるように、位置指令が 0 になった後でも、速度積分器 3 2 の溜り量の分だけ、位置決め応答が遅くなっていた。

この問題を解決する方法として、比例制御から比例積分制御に切り換える制御（P-P I 切換制御）を行うことが提案されている。図 1 3 は P-P I 切換制御における位置決め応答をシュミレーションしたものであり、上から位置指令、位置偏差（拡大）、速度指令、速度フィードバック、速度積分器出力、トルク指令、インポジション（位置決め完了）を示している。この P-P I 切換制御では、モータ回転中は速度制御部 3 を比例制御で動作させ、モータ M が停止する直前で比例積分制御に切り換える。このように動作状態により制御モードを切り換えると、モータ回転中の速度積分器 3 2 の溜り量を 0 にし、かつ、モータ停止時の定常偏差を抑制しながら、位置決め整定時間を短縮できる効果がある。しかしながら、垂直軸を駆動するモータのように、常にモータに外力が働く制御系に P-P I 切換制御を適用すると、図 1 4 に示すように位置決め整定時間が延びてしまう。図 1 4 は、垂直軸を対象とする場合において、P-P I 切換制御における位置決め応答をシュミレーションしたものであり、この図においても上から位置指令、位置偏差（拡大）、速度指令、速度フィードバック、速度積分器出力、トルク指令、インポジション（位置決め完了）を示している。図 1 4 の速度積分器出力を見ると分かるように、P I 制御に切り換わってから、速度積分器 3 2 により、

外力に相当するトルクの補償が行われている。このようにP－P I 切換制御では、外力がある場合に位置決め整定時間を短縮できないという問題がある。

本発明の目的は、仮に外力などがあっても、位置決め整定時間を短縮できるモータの位置制御装置を提供することにある。

発明の開示

本発明は、制御対象であるモータの位置を検出する位置検出部と、モータの速度を算出する速度算出部と、位置検出部からフィードバックされたモータの位置と位置指令とが一致するように速度指令を出力して位置制御をする位置制御部と、比例積分制御により、速度算出部からフィードバックされた速度と速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う速度制御部と、トルク指令に基づいてトルク制御を行うトルク制御部とを備えたモータの位置制御装置を改良の対象とする。

本発明においては、速度制御部を、速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度制御側遅れ補償ローパスフィルタと、速度指令を速度制御側遅れ補償ローパスフィルタに入力して得た遅延速度指令と速度との速度偏差を積分する速度積分器を含んで構成された積分制御系と、速度指令と速度との差に比例した指令を出力する比例制御系と、積分制御系の出力と比例制御系の出力とを加算する加算手段と、この加算手段の出力に速度比例ゲインを乗じてトルク指令として出力する乗算手段とから構成する。なお比例制御系において速度比例ゲインを速度偏差に乘算し、積分制御系において制御中の演算値に速度比例ゲインを乗じて出力するようにしてもよい。本発明のように速度制御側遅れ補償ローパスフィルタを用いれば、速度制御系の遅れに相当する遅れを持った速度指令と実際に遅れている速度フィードバックの速度との偏差はゼロに近いものとなる。そのため速度積分器の溜まり量をほぼゼロにして、位置決め整定時間を短縮できる。

位置検出部（例えばエンコーダ）の精度が悪い場合には、量子化誤差や位置誤差が原因になったリップルが速度フィードバックに含まれることがある。そこでこのような場合に対処するためには、位置検出部の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、トルク指令に現れるのを阻止する伝達

関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタを設けるのが好ましい。この場合には、速度を速度フィードバック・ローパスフィルタに入力して得たフィルタ処理後の速度と速度指令との偏差を求める減算手段を含んで比例制御系を構成する。なお位置検出部として、精度及び分解能の高いものを用いれば、位置誤差も小さくなるため、このような構成を採用する必要はない。

位置制御部は、位置指令と位置検出部により検出した位置との位置偏差を求める減算手段と、この位置偏差に位置比例ゲインを乗算する位置ループ乗算手段とから構成するのが好ましい。この場合において、位置制御部は、位置指令を微分する微分器と、微分器の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段と、位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタとを更に備えているのが好ましい。また、位置制御部を、位置指令を微分する微分器と、微分器により微分された位置指令と位置検出部により検出した位置の微分値との偏差を積分して位置ループ乗算手段に出力する積分器と、積分器の出力に位置比例ゲインを乗算する位置ループ乗算手段と、微分器の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段と、位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタとから構成してもよい。そしてこれらの場合には、位置制御部からは、位置ループ乗算手段から出力された指令とフィードフォワード・ローパスフィルタから出力された速度フィードフォワード指令とが加算された指令が速度指令として出力される。

このようなフィードフォワード・ローパスフィルタを用いれば、位置指令部が原因となって発生する量子化誤差に基づくリップルが速度指令それ自体に含まれるのを阻止することができる。

また速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを更に設け、この位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを通った位置指令と位置フィードバックの位置との位置偏差を位置ループ乗算手段に入力するようにしてもよい。また位置指令を微分する微分器の出力と位置の微分値の偏差を積分器で積分させて位置偏差を求める場合には、速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを微分器と積分器との間

に配置し、位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを通った微分器の出力と位置の微分値との偏差を積分器に入力するようにしてもよい。

このような位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを設けることにより、加速時において位置制御部に入力される位置指令と位置フィードバックとがほぼ同時期に立ち上がるようにする。その結果、位置制御部からの速度指令はかなり小さい値になる。このような構成を採用すると、速度フィードフォワード・ゲインを1または1に近い値にすることができ、位置決め整定時間を更に短縮することができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明で用いる速度制御部の具体的な構成の一例を示すブロック図である。

図2は、図1の速度制御部を適用したモータの位置制御装置のシステムの構成を示すブロック図である。

図3は、本発明で用いる他の速度制御部の具体的な構成の一例を示すブロック図である。

図4は、モータの出力軸に一定の外力が働いている場合において、速度制御側遅れ補償ローパスフィルタを入れない場合のシュミレーション結果を示す図である。

図5は、モータの出力軸に一定の外力が働いている場合において、速度制御側遅れ補償ローパスフィルタを入れる場合のシュミレーション結果を示す図である。

図6は、本発明のモータの位置制御装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

図7は、本発明のモータの位置制御装置の更に他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

図8は、本発明のモータの位置制御装置の更に他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

図9は、本発明のモータの位置制御装置の更に他の実施の形態の構成を示すブ

ロック図である。

図 10 は、従来のモータの位置制御装置の構成を示す図である。

図 11 は、従来の速度制御部の構成を示すブロック図である。

図 12 は、従来の位置制御装置における位置決め動作をシュミレーションした結果を示す図である。

図 13 は、P-P I 切換制御における位置決め応答をシュミレーションした結果を示す図である。

図 14 は、垂直軸を対象とする場合において、P-P I 切換制御における位置決め応答をシュミレーションした結果を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

図 1 は、本発明で用いる速度制御部 13 の具体的な構成の一例を示すブロック図である。図 3 は、この速度制御部 13 を適用したモータの位置制御装置のシステムの構成を示すブロック図である。図 2 のシステム構成は、速度制御部 13 の構成が相違する点を除いては、図 10 の従来の構成と実質的に変わるところがない。

このシステムは、制御対象であるモータ M の位置を検出する位置検出部としてエンコーダ E を備えている。エンコーダ E の出力が、モータの出力軸の位置を示す位置フィードバックである。速度算出部 2 は、エンコーダ E の出力に基づいてモータの速度を算出するように構成されており、速度算出部 2 の出力が速度フィードバックとなっている。速度フィードバックが、モータ M の出力軸の速度を示している。位置制御部 11 は、位置検出部としてエンコーダ E からフィードバックされたモータ M の位置と位置指令とが一致するように速度指令を出力して位置制御をするように構成されている。図 2 の位置制御部 11 は、位置指令と位置検出部により検出した位置との位置偏差を求める減算手段 S B 3 と、この位置偏差に位置比例ゲイン K P を乗算する位置ループ乗算手段 111 により構成されている。

速度制御部 13 は、比例積分制御により、速度算出部 2 からフィードバックされた速度と速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う。

図 1 に示すように、本実施の形態の速度制御部 13 は、速度制御系の遅れに相当する伝達関数 $(1 / (1 + S T_c))$ を有する速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 133 を備えている。また速度制御部 13 は、速度指令を速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 133 に入力して得た遅延速度指令と速度との速度偏差を減算手段 SB2 で求め、この速度偏差に積分ゲイン $(1 / T_{vi})$ を乗算する乗算手段 131 と、乗算手段 131 の出力を積分する速度積分器 132 を含んで構成された積分制御系と、速度指令に比例した指令を出力する比例制御系とを含んでいる。そして速度制御部 13 は、積分制御系の出力と比例制御系の出力とを加算手段 AD1 で加算したものに速度比例ゲイン KVP を乗じてトルク指令として出力する乗算手段 134 を更に備えている。以上の構成が基本構成であるが、この例では、エンコーダ（位置検出部）の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数 $(1 / (1 + S T_{FB}))$ を有する速度フィードバック・ローパスフィルタ 135 を更に備えている。またこの場合、比例制御系は、速度を速度フィードバック・ローパスフィルタ 135 に入力して得たフィルタ処理後の速度と速度指令との偏差を求める減算手段 SB1 を含んでいる。

この例では、速度指令を速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 133 に通したものと速度フィードバックの差を減算手段 SB2 でとり、速度積分ゲイン $(1 / T_{vi})$ を乗算して積分器 132 に通す。また速度指令と、速度フィードバックを速度フィードバック・ローパスフィルタ 135 に通したものの差を減算手段 SB1 でとり、積分器 132 の出力と加算手段 AD1 により加算する。そして最後に、速度比例ゲイン (KVP) を乗算してトルク指令を出力する。

前述の速度フィードバック・ローパスフィルタ 135 は、エンコーダ E の量子化誤差や位置誤差によるリップルを抑制するフィルタである。このフィルタは、比例制御系のフィードバックにのみ挿入し、リップル分がトルク指令に現れないようにする機能を果す。積分制御系では、速度積分器 132 が平滑作用を行うため、このようなフィルタは不要である。

速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 133 は、速度制御系の遅れに相当する時間を設定し、遅れ補償出力と速度フィードバックとがほぼ同等の立ち上がり

なるようにし、速度指令変化時の速度積分器 1 3 2 の溜り量を低減する。このように速度制御部 1 3 を構成することにより、速度フィードバックに含まれるリップルの制御と、速度指令変化時の速度積分器 1 3 2 の溜り量の低減を同時に達成することができる。

なお、エンコーダ E の量子化誤差が小さい場合は、速度フィードバック・ローパスフィルタ 1 3 5 は不要である。また、速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 3 3 は、速度制御系の遅れを模擬する伝達関数であれば、どのようなものでもよく、本実施の形態の伝達関数に限定されるものではない。

図 2 の制御装置では、位置指令と位置フィードバックの偏差を位置制御部 1 1 に含まれる減算手段 S B 3 で取る。そしてその値を位置比例ゲイン K P 倍して、速度指令を出力する。そして速度指令と速度フィードバックの偏差を速度制御部 1 3 に含まれる減算手段 S B 1 (図 1) でとり、速度制御部 1 3 を通してトルク指令を出力する。トルク制御部 4 は、トルク指令通りのトルクが出力されるよう電流を制御する。

図 3 は、速度制御部 1 3 ' の変形例を示すブロック図である。図 1 の速度制御部 1 3 と速度制御部 1 3 ' とを対比すると、図 3 の速度制御部 1 3 ' では速度比例ゲイン K V P の乗算手段 1 3 4 ' が比例制御系の内部にある点(加算手段 A D 1 の前に挿入されている点)と、積分制御系において速度比例ゲイン K V P を演算値に乘算するために、乗算手段 1 3 1 ' の伝達関数を変更している点で前者の速度制御部 1 3 とは構成が相違する。このようにしても図 1 の速度制御部 1 3 と同様の作用効果を得ることができる。

図 4 及び図 5 は、この制御系において、モータ M の出力軸に一定の外力が働いている場合(例えばモータの出力軸が垂直軸である場合)のシュミレーションの結果である。図 4 は、速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 3 3 を入れない場合であり、図 5 は速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 3 3 を挿入した場合のシュミレーションの結果である。速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 3 3 を入れない場合は、モータ加減速に伴い速度積分器 1 3 2 の値が変動する。しかしながら速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 3 3 を挿入した場合には、速度積分器 1 3 2 の値はほぼ一定を保っている。この結果、速度制御側遅れ補償ローパ

スフィルタ 1 3 3 を入れない場合には、位置決め整定時間が長くなるが、速度制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 3 3 を挿入した場合には、位置決め整定時間を短縮できることが分かる。なお速度積分器 1 3 2 には、一定外力に相当する値が保持されている。なお、本発明は、外力がない場合にも適用可能である。

図 6 は、本発明のモータの位置制御装置の他の実施の形態の構成を示すブロック図である。図 1 及び図 2 に示した実施の形態の構成と同様の部分には、図 1 及び図 2 に付した符号と同じ符号を付して説明を省略する。この実施の形態では、位置制御部 1 1 A が、位置指令を微分する微分器 1 1 2 と、微分器の出力にフィードフォワード・ゲイン VFF を乗算する乗算手段 1 1 3 と、位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数 $(1 / (1 + S T_{FF}))$ を有するフィードフォワード・ローパスフィルタ 1 1 4 とを更に備えている。この場合には、位置制御部 1 1 A からは、位置ループ乗算手段 1 1 1 から出力された指令とフィードフォワード・ローパスフィルタ 1 1 4 から出力された速度フィードフォワード指令（速度 FF 指令）とが加算手段 $AD 2$ で加算された指令が速度指令として出力される。このようなフィードフォワード・ローパスフィルタ 1 1 4 を用いれば、位置指令に含まれる量子化誤差に基づくリップルが速度指令それ自体に含まれるのを阻止することができる。

通常、フィードフォワード・ゲイン VFF は $40 \sim 60\%$ ($0.4 \sim 0.6$) 程度に設定して用いる。また、フィードフォワード・ローパスフィルタ 1 1 4 は、前述の通り、位置指令の量子化誤差によるリップルを抑制するフィルタである。位置指令と位置フィードバックの偏差を減算手段 $SB 3$ で取り、位置比例ゲイン KP 倍して、速度指令を出力する。速度指令は、速度制御部 1 3（または 1 3'）を通してトルク指令を出力する。本実施の形態の装置では、フィードフォワードを追加することにより、位置決め整定時間を図 2 の場合よりも短縮させることができる。

図 7 は、図 6 の実施の形態の変形例を示すブロック図である。図 7 の実施の形態は、位置制御部 1 1 B の構成が図 6 の実施の形態とは異なっており、図 7 においては、図 6 の実施の形態に付した符号と同様の部分に、図 6 に付した符号と同じ符号を付して説明を省略する。図 6 の実施の形態と図 7 の実施の形態とを対比

すると、微分器 1 1 2 の位置が異なる点と、積分器 1 1 6 と微分器 5 とが新たに追加された点で両者は相違する。すなわちこの位置制御部 1 1 B では、位置指令を微分する微分器 1 1 2 と、位置検出器で検出した位置を微分する微分器 5 と、微分器 1 1 2 の出力（位置指令を微分したもの）と微分器 5 の出力（位置を微分したもの）との偏差（位置微分偏差）を積分する積分器 1 1 6 と、積分器 1 1 6 の出力に位置比例ゲインを乗算する位置ループ乗算手段 1 1 1 と、微分器 1 1 2 の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段 1 1 3 と、位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタ 1 1 4 とを備えている。この実施の形態によっても、図 6 の実施の形態と同様の効果が得られる。

図 8 は、本発明のモータの位置制御装置の更に他の実施の形態の構成を示すブロック図である。図 6 に示した実施の形態の構成と同様の部分には、図 6 に付した符号と同じブロックには、図 1 及び図 2 に付した符号と同じ符号を付して説明を省略する。この実施の形態では、図 6 の実施の形態と比べて、速度制御系の遅れに相当する伝達関数（ $1 / (1 + S T d)$ ）を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 を位置制御部 1 1 C が更に備えている点で相違する。この実施の形態では、位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 を通った位置指令と位置フィードバックとの位置偏差が減算手段 S B 3 により求められ、位置偏差が位置ループ乗算手段 1 1 1 に入力されている。この例では、フィードフォワード・ゲイン V F F が 1 または 1 に近い値に設定されている。

位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 には、速度制御系の遅れを伝達関数として設定してある。位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 の出力と位置フィードバックとが同程度に立ち上がるように位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 の伝達関数が定められている。位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 を追加すると、位置制御部 1 1 C の位置ループ乗算手段 1 1 1 の出力はかなり小さな値になる。この装置では、位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 1 1 5 の追加により、フィードフォワード・ゲイン V F F を 1 0 0 % または 1 0 0 % に近い値まで（1 または 1 に近い値まで）上げることができ、図 6 の実施の形態の場合と同程度、もしくは、それよりは若干短く、位置決め整定時間を短縮

できる。

図 9 は、図 7 の実施の形態において、位置制御側遅れ補償ローパスフィルタ 115 を追加した場合の構成を示すものである。したがって図 7 の実施の形態とは、位置制御部 11D の構成が相違している。その他の点は、図 7 の実施の形態と同様であるので説明を省略する。

産業上の利用可能性

本発明によれば、速度制御側遅れ補償ローパスフィルタを用いているので、速度制御系の遅れに相当する遅れを持った速度指令と実際に遅れている速度フィードバックの速度との偏差をゼロに近いものとすることができ、速度積分器の溜まり量をほぼゼロにして、位置決め整定時間を短縮できる利点を得られる。そのため本発明の位置制御装置の適用により、簡単な構成で、外力がある場合の位置決め整定時間を短縮でき、より、高速な位置決め制御が表現できる。

請 求 の 範 囲

1. 制御対象であるモータの位置を検出する位置検出部と、
前記モータの速度を算出する速度算出部と、
前記位置検出部からフィードバックされた前記モータの位置と位置指令とが一致するように速度指令を出力して位置制御をする位置制御部と、
比例積分制御により、前記速度算出部からフィードバックされた前記速度と前記速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う速度制御部と、
前記トルク指令に基づいてトルク制御を行うトルク制御部とを備えたモータの位置制御装置において、
前記速度制御部が、
速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度制御側遅れ補償ローパスフィルタと、
前記速度指令を前記速度制御側遅れ補償ローパスフィルタに入力して得た遅延速度指令と前記速度との速度偏差を積分する速度積分器を含んで構成された積分制御系と、
前記速度指令と前記速度との差に比例した指令を出力する比例制御系と、
前記積分制御系の出力と前記比例制御系の出力とを加算する加算手段と、
前記加算手段の出力に速度比例ゲインを乗じて前記トルク指令を得る乗算手段とから構成されていることを特徴とするモータの位置制御装置。
2. 前記位置検出部の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、前記トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタを更に備え、
前記比例制御系は、前記速度を前記速度フィードバック・ローパスフィルタに入力して得たフィルタ処理後の速度と前記速度指令との偏差を求める減算手段を含んでいることを特徴とする請求項1に記載のモータの位置制御装置。
3. 前記位置制御部は、前記位置指令と前記位置検出部により検出した前記位置との位置偏差を求める減算手段と前記位置偏差に位置比例ゲインを乗算する

位置ループ乗算手段により構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のモータの位置制御装置。

4. 前記位置制御部は、前記位置指令を微分する微分器と、前記微分器の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段と、前記位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタとを更に備えており、

前記位置制御部からは、前記位置ループ乗算手段から出力された指令と前記フィードフォワード・ローパスフィルタから出力された速度フィードフォワード指令とが加算された指令が前記速度指令として出力されることを特徴とする請求項 3 に記載のモータの位置制御装置。

5. 前記位置制御部は、前記位置指令を微分する微分器と、前記微分器の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段と、前記位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタと、前記微分器の出力と前記位置検出部により検出した前記位置の微分値との偏差を積分して前記位置偏差を前記位置ループ乗算手段に出力する積分器とを更に備えており、

前記位置制御部からは、前記位置ループ乗算手段から出力された指令と前記フィードフォワード・ローパスフィルタから出力された速度フィードフォワード指令とが加算された指令が前記速度指令として出力されることを特徴とする請求項 3 に記載のモータの位置制御装置。

6. 前記フィードフォワード・ゲインは、0.4～0.6の範囲の値に設定されている請求項 4 または 5 に記載のモータの位置制御装置。

7. 速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを更に備え、

前記位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを通った前記位置指令と前記位置との前記位置偏差が前記位置ループ乗算手段に入力されることを特徴とする請求項 4 に記載のモータの位置制御装置。

8. 速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタが前記微分器と前記積分器との間に配置され、

前記位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを通った前記微分器の出力と前記位置の微分値との偏差が前記積分器に入力されることを特徴とする請求項 5 に記載のモータの位置制御装置。

9. 前記フィードフォワード・ゲインが 1 または 1 に近い値である請求項 7 または 8 に記載のモータの位置制御装置。

10. 制御対象であるモータの位置を検出する位置検出部と、

前記モータの速度を算出する速度算出部と、

前記位置検出部からフィードバックされた前記モータの位置と位置指令とが一致するように速度指令を出力して位置制御をする位置制御部と、

比例積分制御により、前記速度算出部からフィードバックされた前記速度と前記速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う速度制御部と、

前記トルク指令に基づいてトルク制御を行うトルク制御部とを備えたモータの位置制御装置において、

前記速度制御部が、

速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度制御側遅れ補償ローパスフィルタと、

前記速度指令を前記速度制御側遅れ補償ローパスフィルタに入力して得た遅延速度指令と前記速度との速度偏差を積分する速度積分器を含み制御系中の演算値に速度比例ゲインを乗じて出力する積分制御系と、

前記速度指令と前記速度との差に速度比例ゲインを乗じた指令を出力する比例制御系と、

前記積分制御系の出力と前記比例制御系の出力とを加算する加算手段とから構成されていることを特徴とするモータの位置制御装置。

11. 前記位置検出部の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、前記トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタを更に備え、

前記比例制御系は、前記速度を前記速度フィードバック・ローパスフィルタに入力して得たフィルタ処理後の速度と前記速度指令との偏差を求める減算手段を含

んでいることを特徴とする請求項 10 に記載のモータの位置制御装置。

12. 前記位置制御部は、前記位置指令と前記位置検出部により検出した前記位置との位置偏差を求める減算手段と前記位置偏差に位置比例ゲインを乗算する位置ループ乗算手段により構成されていることを特徴とする請求項 10 に記載のモータの位置制御装置。

13. 前記位置制御部は、前記位置指令を微分する微分器と、前記微分器の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段と、前記位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタとを更に備えており、

前記位置制御部からは、前記位置ループ乗算手段から出力された指令と前記フィードフォワード・ローパスフィルタから出力された速度フィードフォワード指令とが加算された指令が前記速度指令として出力されることを特徴とする請求項 12 に記載のモータの位置制御装置。

14. 前記位置制御部は、前記位置指令を微分する微分器と、前記微分器の出力にフィードフォワード・ゲインを乗算する乗算手段と、前記位置指令の量子化誤差によるリップルを除去する伝達関数を有するフィードフォワード・ローパスフィルタと、前記微分器の出力と前記位置検出部により検出した前記位置の微分値との偏差を積分して前記位置偏差を前記位置ループ乗算手段に出力する積分器とを更に備えており、

前記位置制御部からは、前記位置ループ乗算手段から出力された指令と前記フィードフォワード・ローパスフィルタから出力された速度フィードフォワード指令とが加算された指令が前記速度指令として出力されることを特徴とする請求項 12 に記載のモータの位置制御装置。

15. 前記フィードフォワード・ゲインは、0.4～0.6の範囲の値に設定されている請求項 13 または 14 に記載のモータの位置制御装置。

16. 速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを更に備え、

前記位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを通った前記位置指令と前記位置との前記位置偏差が前記位置ループ乗算手段に入力されることを特徴とする請求項

1 3 に記載のモータの位置制御装置。

1 7. 速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する位置制御側遅れ補償ローパスフィルタが前記微分器と前記積分器との間に配置され、

前記位置制御側遅れ補償ローパスフィルタを通った前記微分器の出力と前記位置の微分値との偏差が前記積分器に入力されることを特徴とする請求項 1 4 に記載のモータの位置制御装置。

1 8. 前記フィードフォワード・ゲインが 1 または 1 に近い値である請求項 1 6 または 1 7 に記載のモータの位置制御装置。

図 1

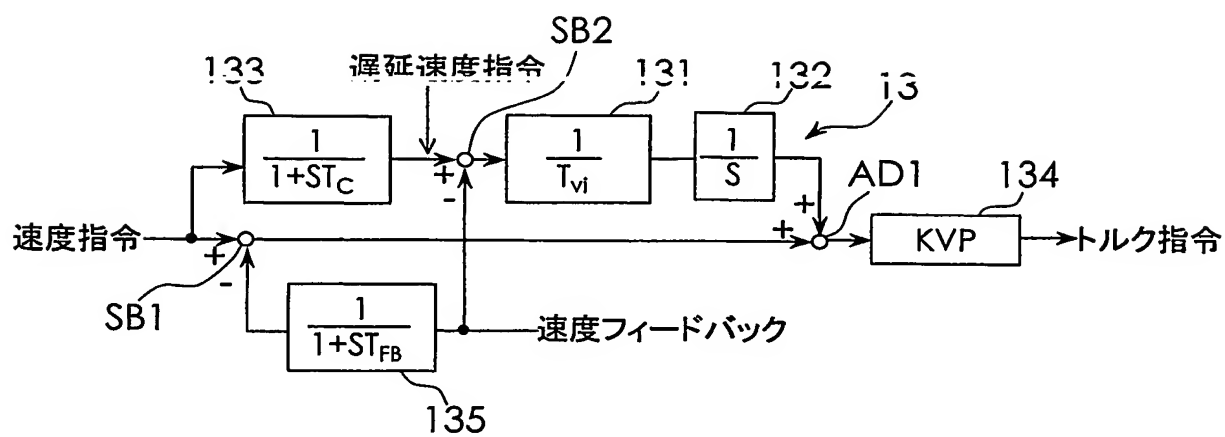


図2

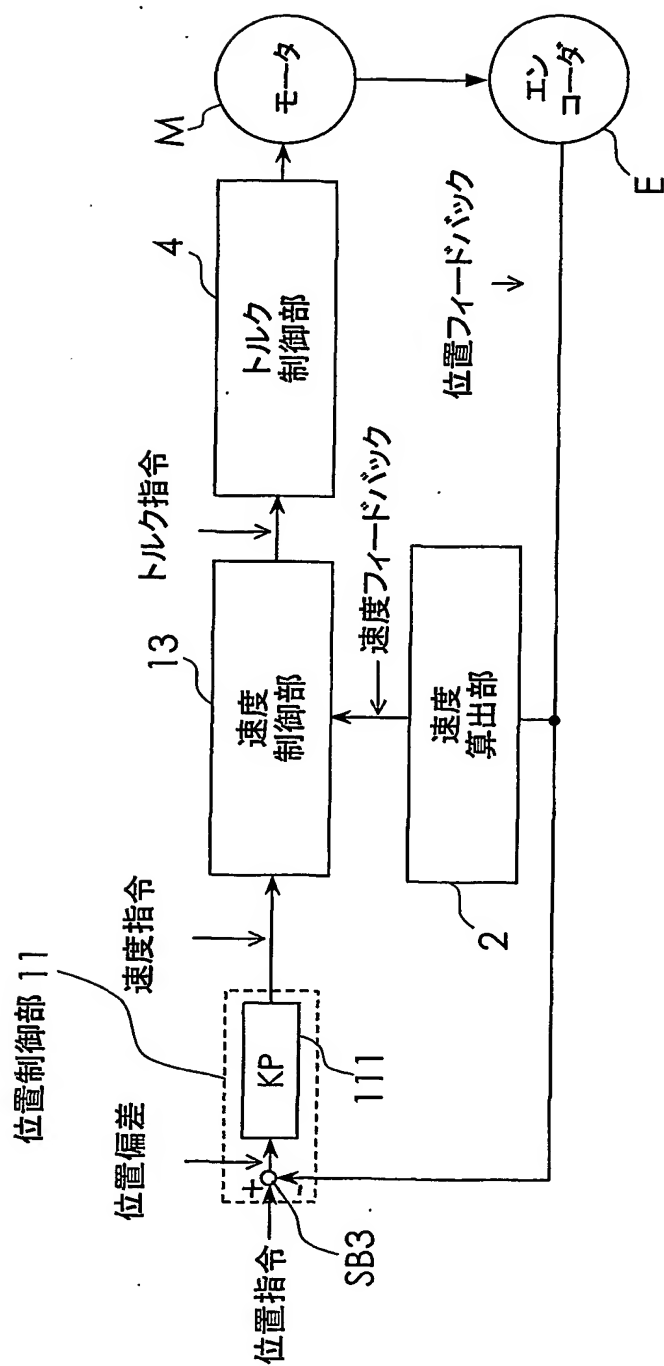


図3

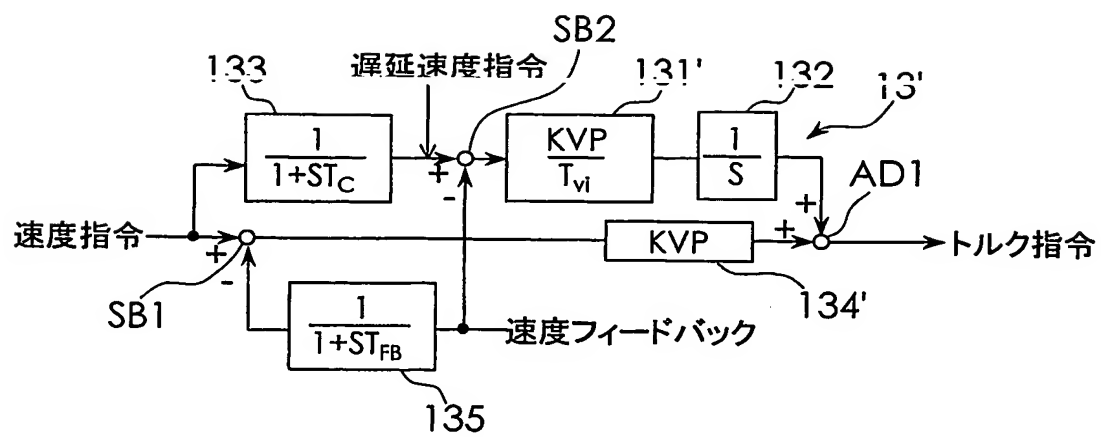


図4

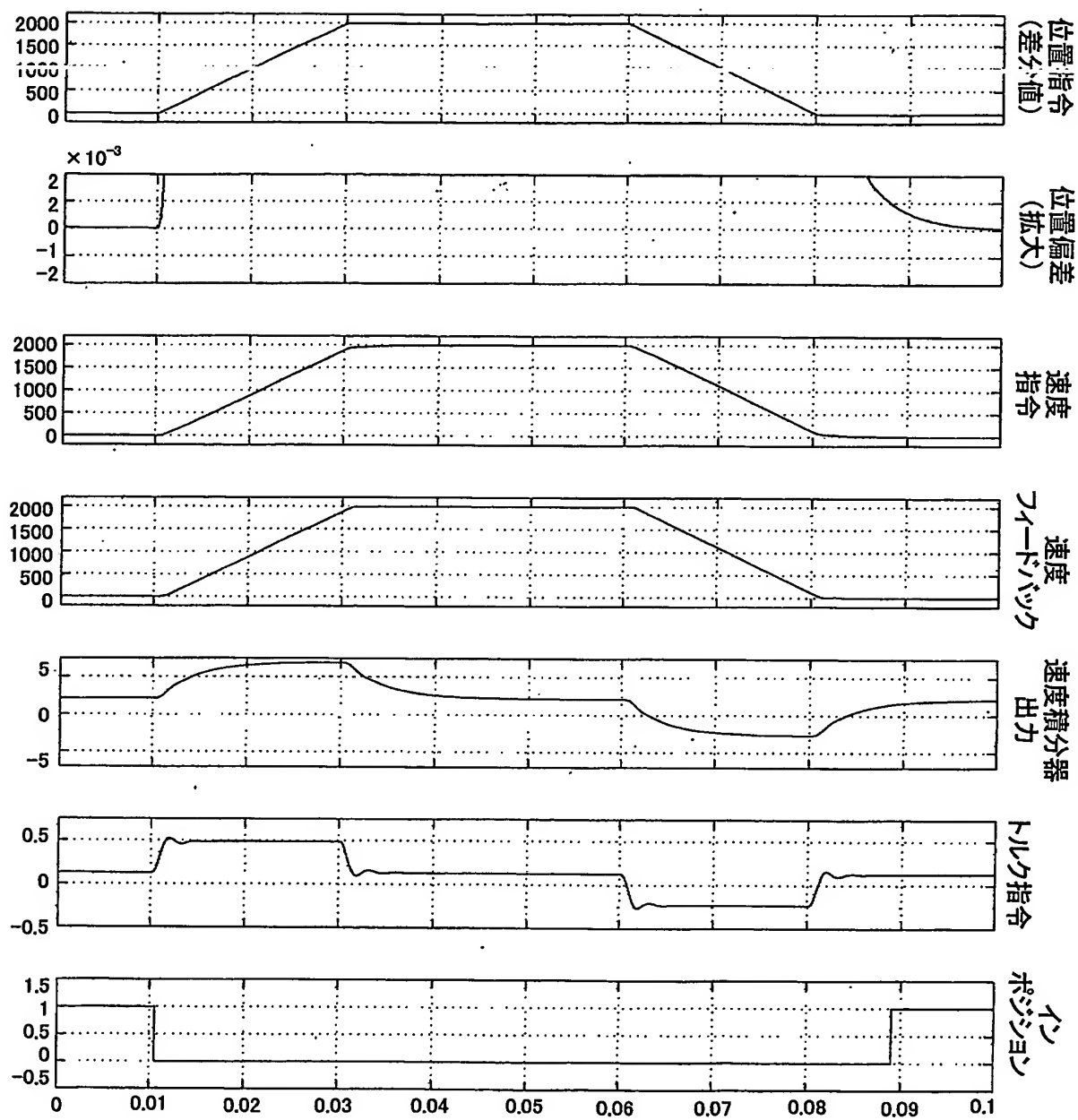


図5

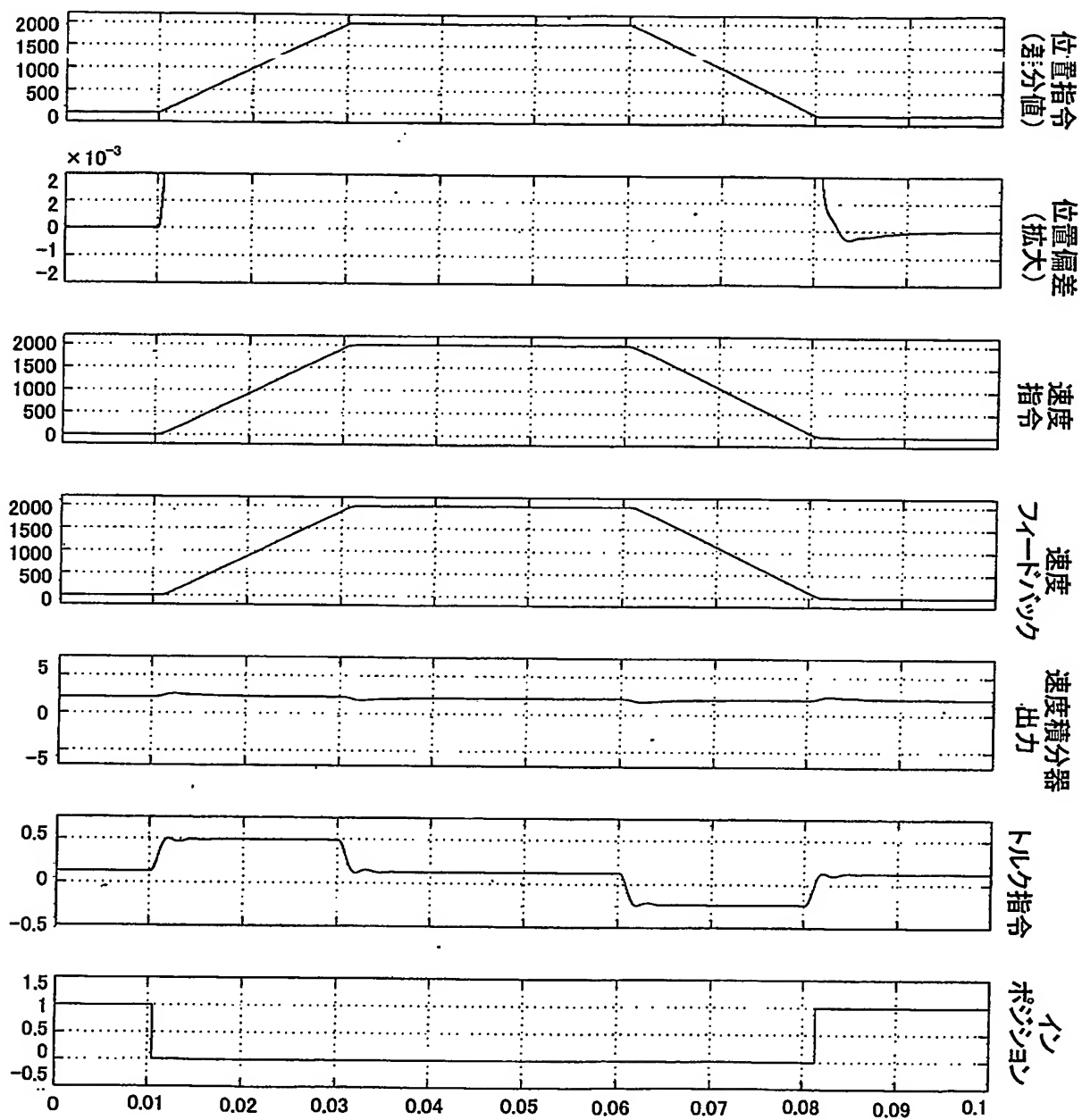


図6

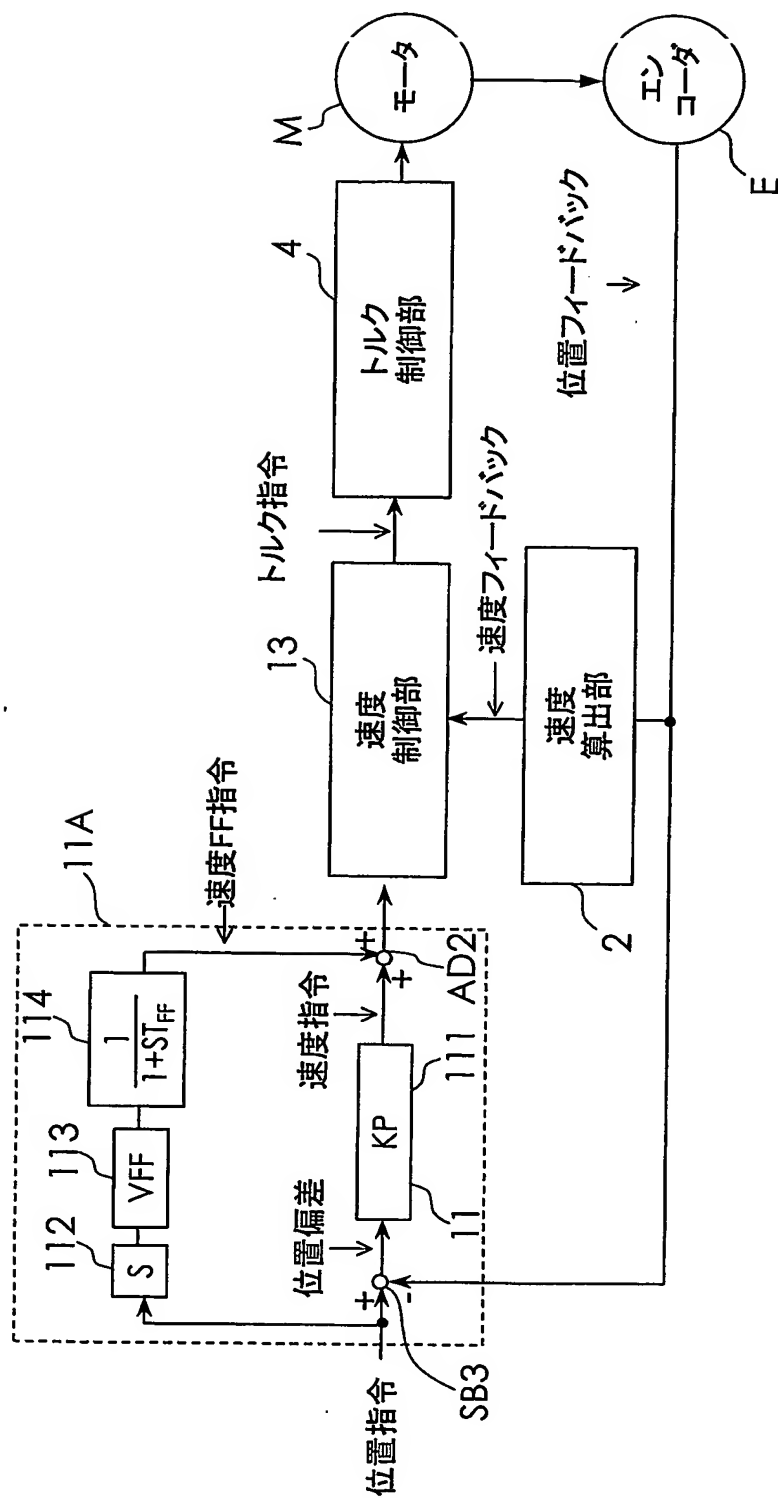


図7

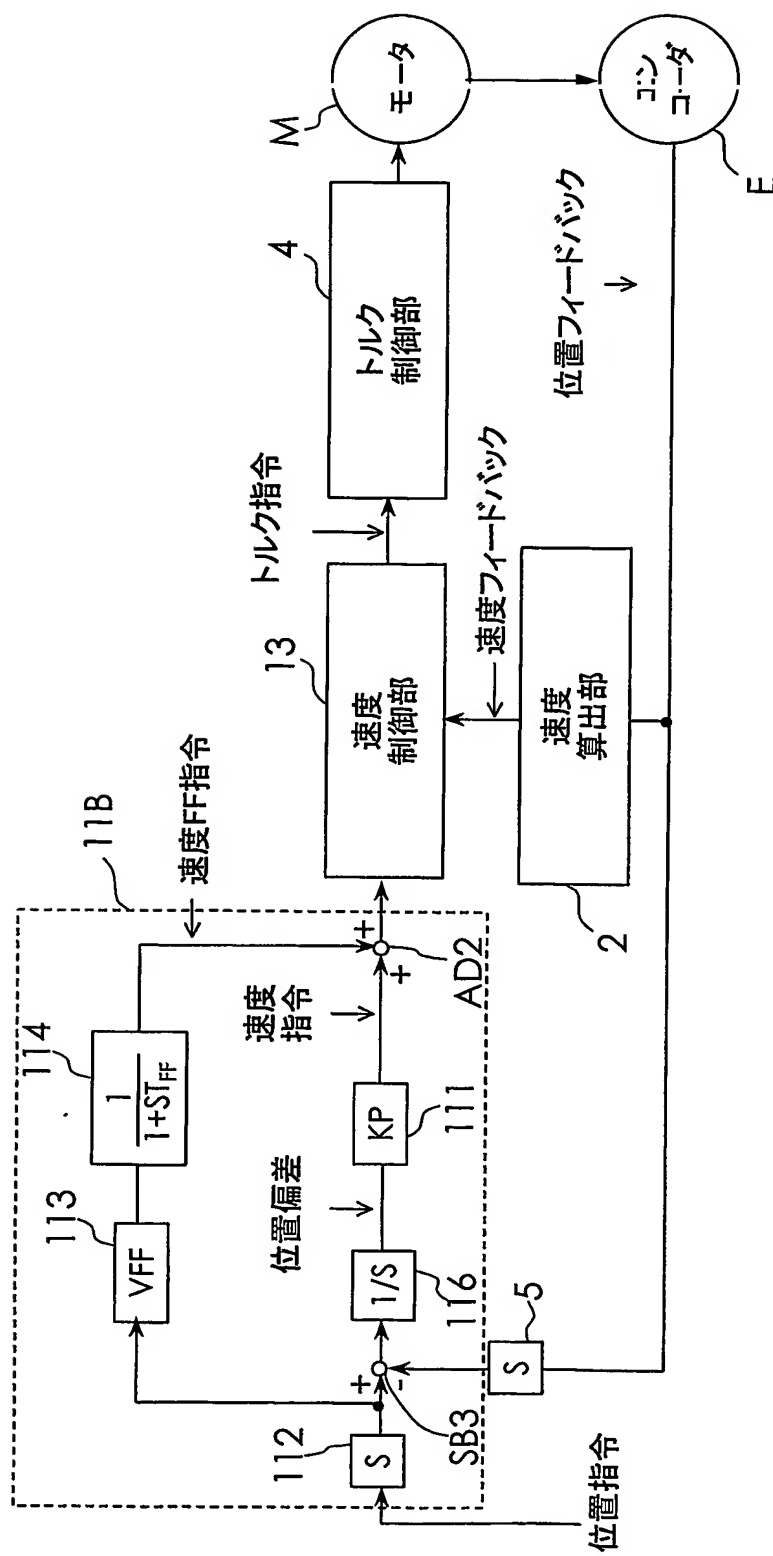


図 8

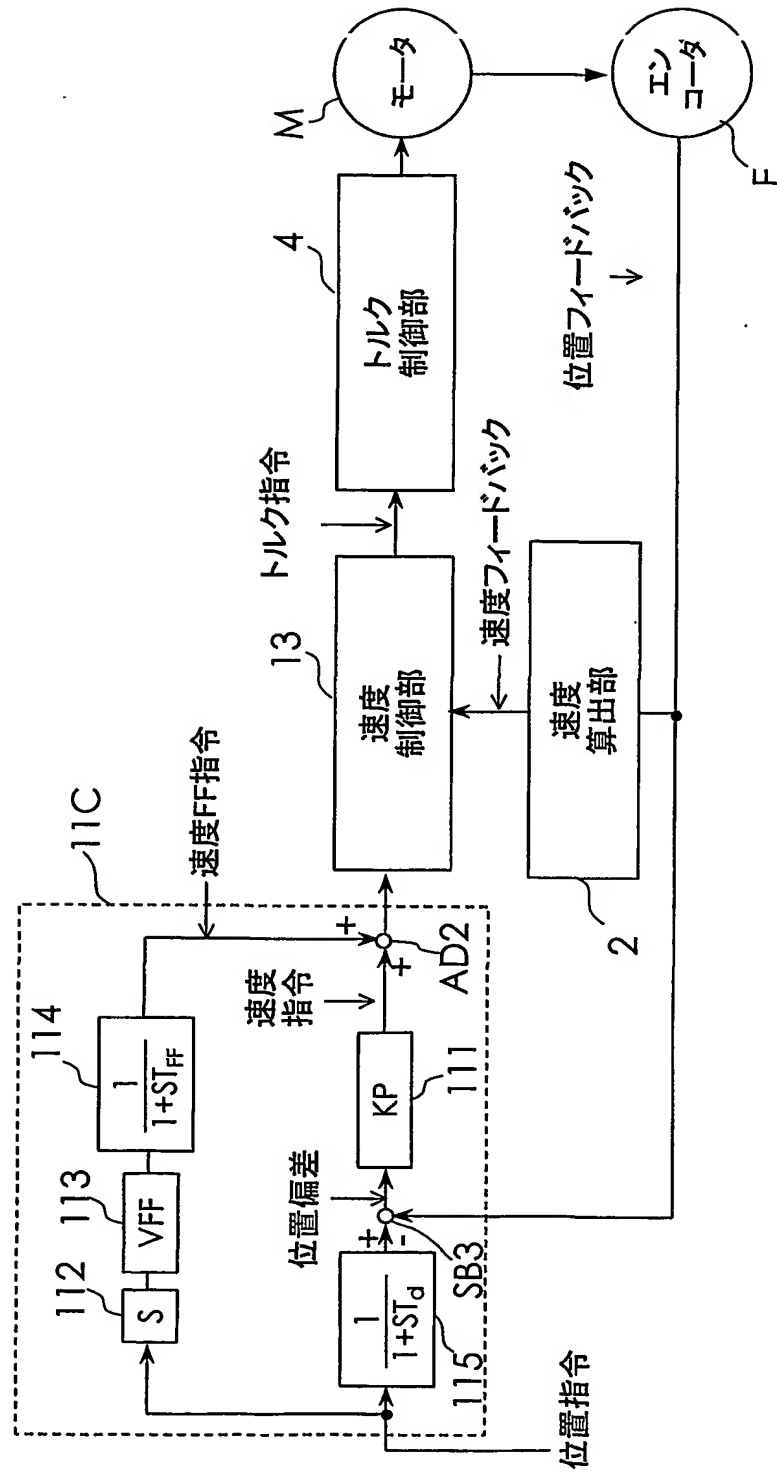


図9

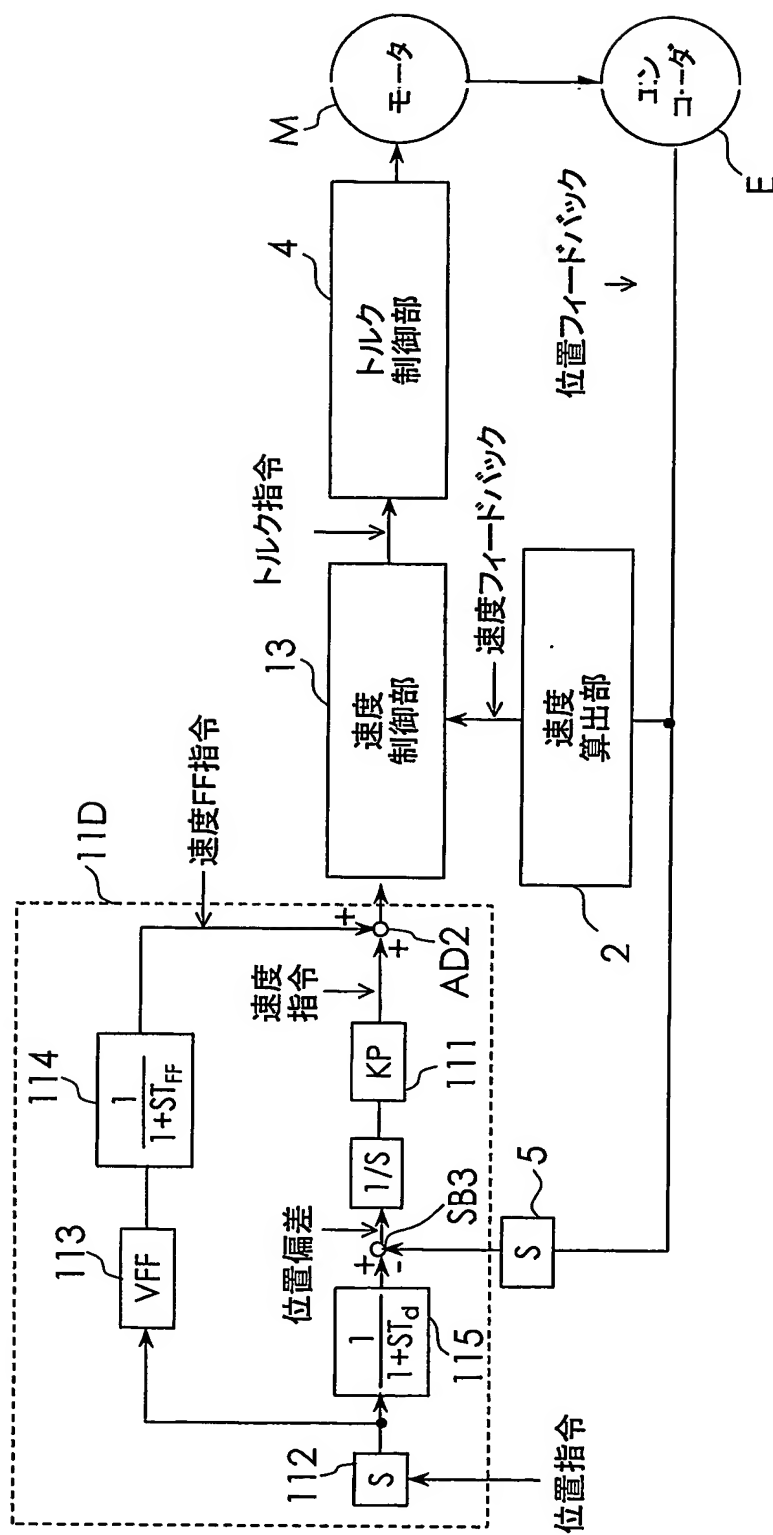


図10

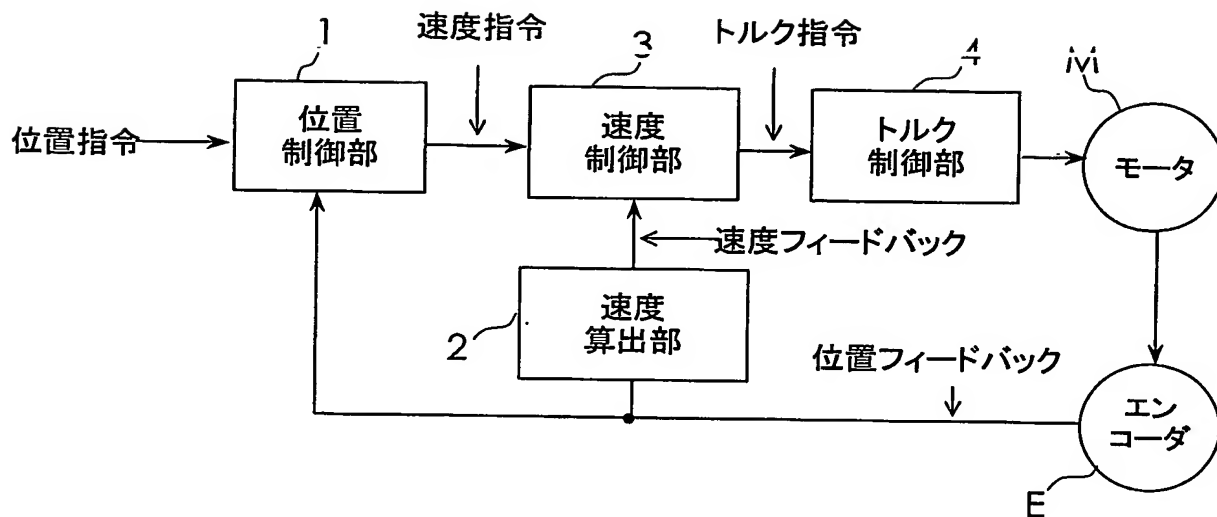


図11

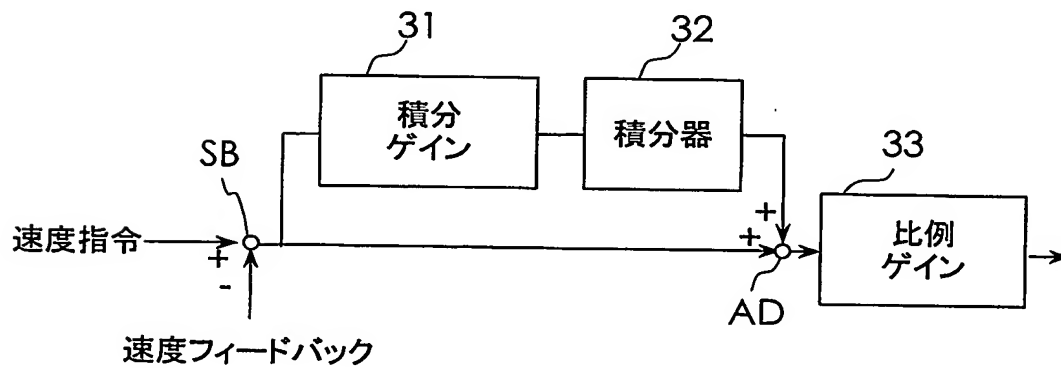


図12

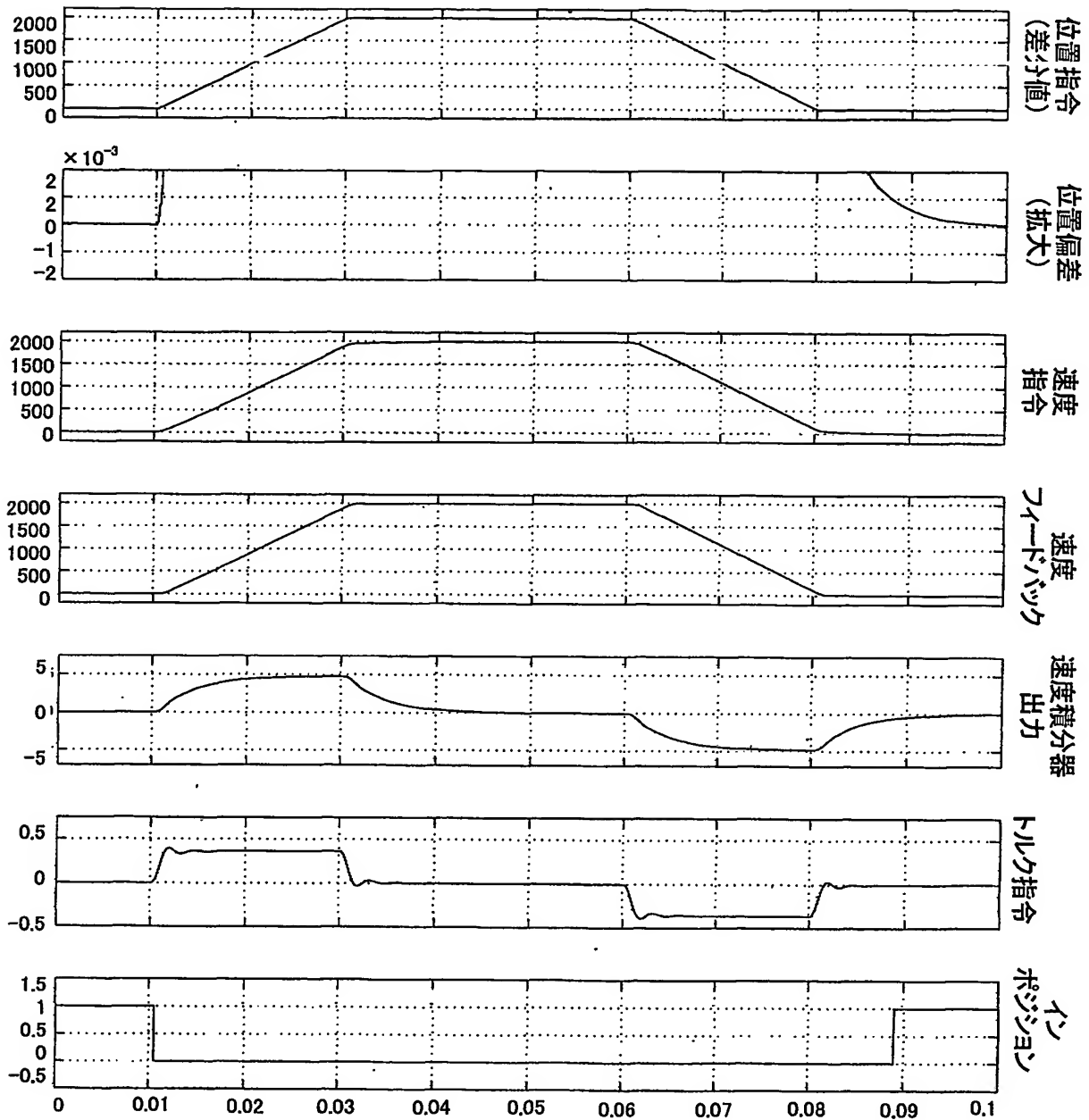


図13

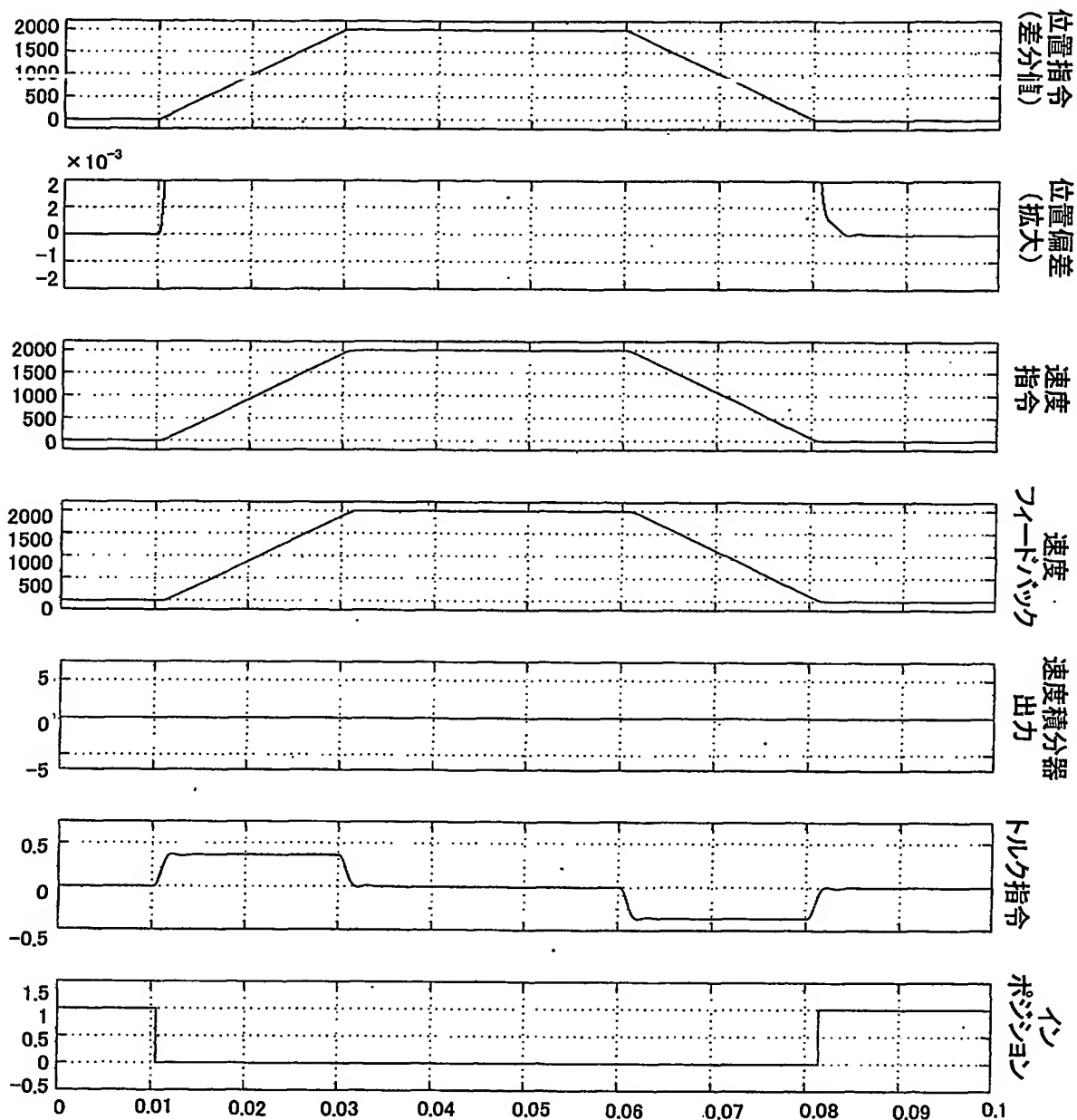
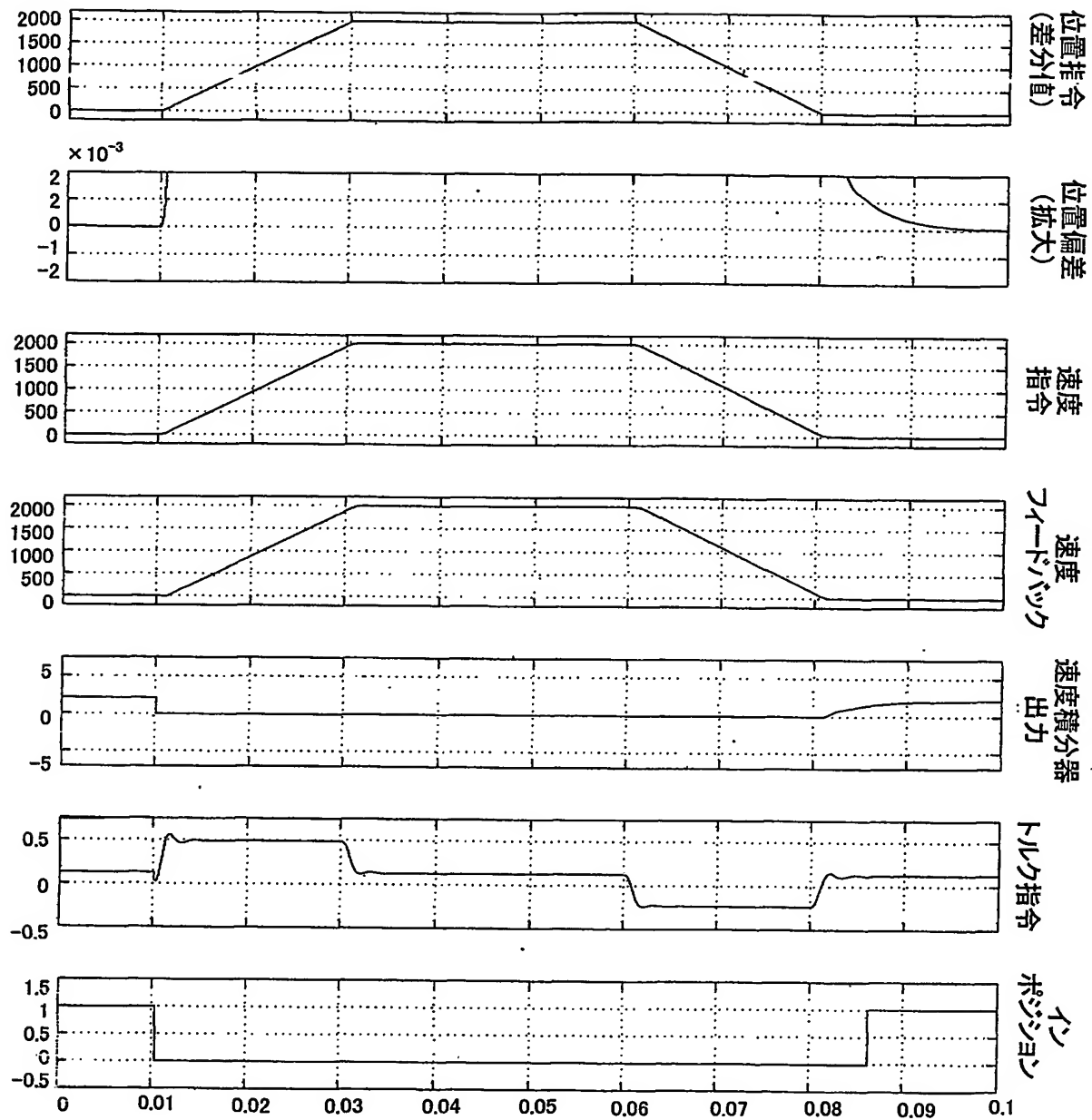


図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/13442

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H02P5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H02P5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	EP 0967535 A1 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI), 29 December, 1999 (29.12.99), & WO 98/40801 A1 & JP 10-254550 A & CN 1254420 A & US 6204622 B1	1, 10 2-9, 11-18
Y A	JP 4-140086 A (Hitachi, Ltd.), 14 May, 1992 (14.05.92), (Family: none)	1, 10 2-9, 11-18
A	JP 8-84490 A (Nippon Steel Corp.), 26 March, 1996 (26.03.96), (Family: none)	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* "A"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier document but published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search 08 December, 2003 (08.12.03)	Date of mailing of the international search report 24 December, 2003 (24.12.03)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷

H02P 5/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷

H02P 5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	EP 0967535 A1 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) 1999. 12. 29 & WO 98/40801 A1 & JP 10-254550 A & CN 1254420 A & US 6204622 B1	1、10 2-9、11-18
Y A	JP 4-140086 (株式会社日立製作所) 1992. 05. 14 (ファミリーなし)	1、10 2-9、11-18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 12. 03

国際調査報告の発送日

24.12.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川端 修

3V

8718

電話番号 03-3581-1101 内線 3356

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)